

# ENTWICKLUNG UND ERPROBUNG EINES KONZEPTEES ZUR INTEGRATION VON FRACHT IN EIN TOTAL AIRPORT MANAGEMENT SYSTEM

S. Wenzel

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Lufttransportsysteme,  
Blohmstraße 18, 21079 Hamburg, Deutschland

A. Deutschmann

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Flughafenwesen und  
Luftverkehr, Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig, Deutschland

## Zusammenfassung

Ein wesentlicher Wettbewerbsvorteil des Luftfrachtverkehrs gegenüber anderen Transportmodi ist seine hohe Transportgeschwindigkeit. Dieser gegenüber stehen erhöhte Kosten des Warentransportes per Luftfracht im Vergleich zum Land- und Seeverkehr. Bereits heute operieren zahlreiche Frachtterminals, besonders an Hub-Flughäfen, an ihrer Kapazitätsgrenze und laufen damit Gefahr, die Wettbewerbsvorteile durch erhöhte Kosten und längere Abfertigungszeiten zu verlieren.

Eine Möglichkeit zur mittelfristigen Erhöhung der Kapazitäten ist die effizientere Ausnutzung der vorhandenen Infrastruktur und Ressourcen. Das sich gegenwärtig in der Forschung befindliche Konzept des Total Airport Management wird deshalb in dieser Arbeit in einem ersten Schritt auf die landseitigen Prozesse der Luftfrachtabfertigung erweitert. Auf Grundlage einer Prozessanalyse werden Szenarien zur Vereinfachung des Luftfrachtprozesses erarbeitet. Mithilfe einer makroskopischen Simulation werden die Auswirkungen der Szenarien auf den Frachtprozess eines generischen Frachtterminals überprüft.

Durch die Simulation wird, auf Basis der getroffenen Annahmen, gezeigt, dass durch die Verbesserung des Informationsflusses und eine eindeutige Zuordnung der Verantwortlichkeiten innerhalb des Frachtabfertigungsprozesses signifikante Ressourceneinsparungen und Pünktlichkeitsverbesserungen erzielt werden können.

## 1. MOTIVATION

Die Luftfracht befindet sich in direkter Konkurrenz zu anderen Transportmodi, wie z. B. der Schifffahrt sowie dem Straßen- und Schienengüterverkehr. Beim Transport von Waren per Flugzeug entstehen in der Regel höhere Kosten als bei den anderen genannten Verkehrsträgern. Vorteile gegenüber Wasser, Schiene und Straße besitzt der Lufttransport jedoch bei der Geschwindigkeit (besonders gegenüber der Seeschifffahrt bei großen Distanzen) und bei der Sicherheit der Güter [1].

Besonders zeitkritische und hochpreisige bzw. hochwertige Waren, z. B. Elektronikgüter, Sportgerät und Sporttiere aber auch verderbliche Güter (Blumen etc.) werden per Flugzeug transportiert, da die Zeitersparnis beim Lufttransport die höheren Kosten relativiert bzw. die alternativen Transportmöglichkeiten von vornherein ausscheiden. „Geht man vom Warengewicht der grenzüberschreitend transportierten Güter aus, hat die Luftfracht einen Anteil von weniger als einem Prozent. Bezogen auf den Warenwert steigt der Anteil jedoch auf etwa 40 Prozent.“ [2]

Besonders durch hohe Treibstoffpreise stehen diese Vorteile in den letzten Jahren zunehmend erhöhten Kosten gegenüber. Daher gilt es Wettbewerbsvorteile und Kosteneinsparungen durch einen effizienten und schnellen Lufttransport zu erzielen.

internationale Luftfracht und –post ein- und 1,9 Mio. t ausgeladen, hinzu kommen 110.800 t innerdeutsche Fracht. Der Luftfrachtsektor entwickelt sich im Durchschnitt stärker als der Passagierverkehr (siehe BILD 1). Von 2000 bis 2012 ist ein Wachstum der Frachtein- und –ausladungen in Deutschland auf ca. 190 % zu erkennen. [3]

Die weltweite Wachstumsrate der Luftfracht liegt seit 1982 bei durchschnittlich 5,4 % pro Jahr. Prognosen gehen von jährlichen Wachstumsraten von knapp 5,0 % innerhalb der nächsten 20 Jahre aus. [4][5][6]

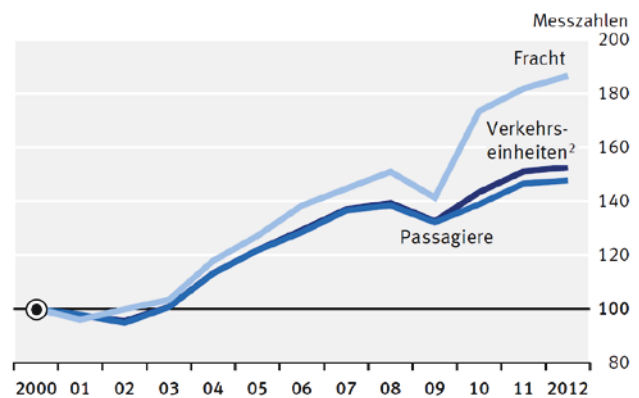


BILD 1. Entwicklung des Flugpassagieraufkommens und der Luftfrachtmenge in Deutschland [3]

In 2012 wurden an deutschen Flughäfen ca. 2,2 Mio. t

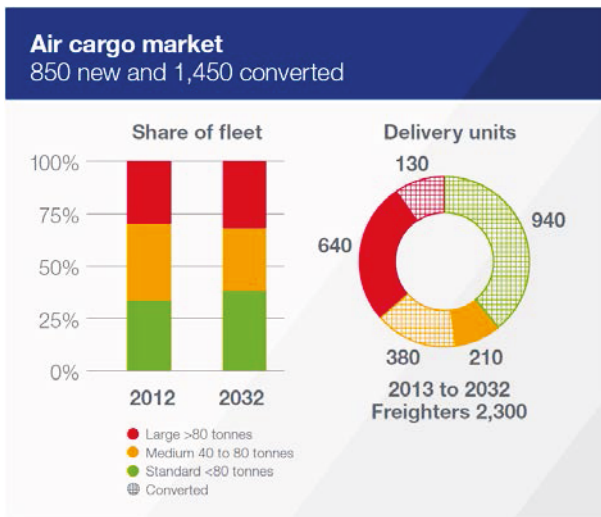


BILD 2. Prognostizierter weltweiter Markt für Frachtflugzeuge bis 2032 [6]

Mit dem Luftfrachtwachstum einher geht eine Vergrößerung der weltweiten Frachtflugzeug-Flotte. Dabei wird eine Zunahme des relativen Anteils großer Frachtflugzeuge mit einer Kapazität von mehr als 80 t prognostiziert (siehe BILD 2).

Parallel erwartet Boeing ein Wachstum der weltweiten Verkehrsflugzeug-Flotte von ca. 20.300 Flugzeugen in 2012 auf mehr als 41.000 Flugzeuge im Jahr 2032 [5]. Airbus ermittelt in seinem Global Market Forecast eine Verdopplung von ca. 15.500 Flugzeugen mit mehr als 100 Sitzen in 2011 auf etwa 32.500 Luftfahrzeuge im Jahr 2031 [7]. Damit entstehen weitere Transportkapazitäten für Luftfracht in den Frachträumen von Passagierflugzeugen.

Anhand dieser Kennzahlen wird deutlich, dass Luftfrachtterminals zukünftig eine wachsende Menge Fracht abfertigen müssen, wobei durch den steigenden Anteil von großen Frachtflugzeugen Abfertigungsspitzen entstehen. Diese Spitzen entstehen verstärkt an Flughäfen mit einem hohen Anteil abgefertigter reiner Frachtflugzeuge, da diese besonders in den Tagesrandzeiten starten und landen und eine große Menge Fracht auf einmal transportieren. Wird ein großer Anteil der Waren an einem Flughafen über den Tag verteilt in Passagierflugzeugen mittransportiert, so verteilt sich auch der Ressourcenbedarf gleichmäßiger über den Tag [8].

Anlieferungen von Waren erfolgen an Flughäfen zeitnah zu deren Produktion bzw. Abholung häufig nachts. Tagesaktuelle bzw. verderbliche Waren (z. B. Zeitschriften, Medikamente) müssen möglichst zu Tagesbeginn ausgeliefert sein. Beim sogenannten „Nachtsprung“ werden Waren bis zum Abend ab Deutschland versendet und erreichen am nächsten Morgen (Amerika) bzw. am übernächsten Morgen (Asien) ihr Ziel [9][10].

Auch durch eine eingeschränkte Slotverfügbarkeit an koordinierten Flughäfen (insbesondere an Hub-Flughäfen) können Abfertigungsspitzen im Luftfrachtsegment, besonders im Tagesrandbereich, entstehen. Slots werden zuerst auf Grundlage des „Großvaterrechts“ vergeben. Das heißt, dass Fluggesellschaften prinzipiell ein Recht auf ihre bisher zugewiesenen Slots besitzen [11]. Nur wenn solche Slots frei werden, können sie auch neu besetzt werden. Nachtflugverbote untersagen in Deutschland an nahezu allen Verkehrsflughäfen einen nächtlichen Flugbetrieb. Daher müssen für Frachtflüge

häufig Slots genutzt werden, die für Passagierflüge unattraktiv sind.

Ausbauvorhaben an deutschen Flughäfen bzw. Neubauvorhaben sind geprägt durch langjährige Mitbestimmungs- und Genehmigungsverfahren. Zusätzlich können Flughafenflächen nicht beliebig erweitert werden. Somit muss beim vorherrschenden Verkehrswachstum auf die bestehende Infrastruktur zurückgegriffen werden. Erreicht diese ihre Kapazitätsgrenzen, so kann mittelfristig nur durch verbesserte Nutzungs- und Prozessmanagementmodelle ein erhöhter Durchsatz von Passagieren bzw. Gütern bei gleicher Infrastruktur erreicht werden. Das in der Forschung befindliche Konzept des Total Airport Management (TAM) stellt einen Ansatz zur effizienteren Ressourcenausnutzung dar und wird nachfolgend konzeptuell um den Luftfrachtprozess erweitert.

## 2. VON A-CDM ZU TOTAL AIRPORT MANAGEMENT

An einem Flughafen sind zahlreiche unterschiedliche Akteure tätig, beispielsweise die Flugsicherung (Air Traffic Control, ATC), unterschiedliche Airlines, der Flughafenbetreiber, Bodenabfertiger (bei Luftfracht unterteilt in Frachtabfertiger, Vorfeldabfertiger und Flugzeugabfertiger), Zoll u. a. Jeder der Akteure ist bestrebt, seine eigenen, wirtschaftlich getriebenen, Ziele zu erfüllen. Die individuellen Ziele der einzelnen Akteure unterscheiden sich dabei und sind zum Teil auch gegensätzlich. So wollen beispielsweise Passagiere zeitnah nach Erreichen des Terminals am Gate sein, um die Aufenthaltszeit am Flughafen vor dem Flug zu minimieren (die Opportunitätskosten eines durchschnittlichen Passagiers betragen 46 € bis 59 € pro Stunde Reisezeit [12]). Auf der Gegenseite nehmen die Einzelhändler am Flughafen umso mehr ein, je länger sich die Passagiere im Terminal aufhalten und Zeit zum Einkaufen haben.

Die komplexen Verknüpfungen der Prozesse der einzelnen Stakeholder sind beispielhaft für einen Flug in BILD 3 dargestellt.

Besonders bei auftretenden Kapazitäts- und Ressourcenengpässen ist es nicht immer möglich ein vereinbartes Level of Service (LoS) zu halten. Solche Engpässe entstehen beispielsweise durch die Schließung einer Bahn aufgrund von Wartungsarbeiten, bei Schneefall, der zu kurzfristigen Bahnsperren führt sowie bei CAT II/III-Bedingungen, die eine vergrößerte Staffelfung erfordern.

In solchen Fällen ist es möglicherweise erforderlich, dass einzelne Akteure Nachteile hinnehmen, z. B. Flugstreichungen, wenn der Bedarf die Verfügbarkeit von Ressourcen übersteigt. Nur durch eine geeignete Kommunikation und einen der Situation angemessenen Informationsfluss sind die Akteure in der Lage, auf die veränderte Situation adäquat zu reagieren. Fehlen Informationen, die eine zeitnahe Lageeinschätzung ermöglichen, werden Gegenmaßnahmen zu spät eingeleitet oder als Resultat eines falschen Situationsbewusstseins falsch eingeleitet oder gänzlich unterlassen. Infolgedessen wurde das nachfolgend vorgestellte Konzept des A-CDM entwickelt, um eine frühzeitige Information der Akteure bei Verzögerungen innerhalb der luftseitigen Prozesse zu erzielen.

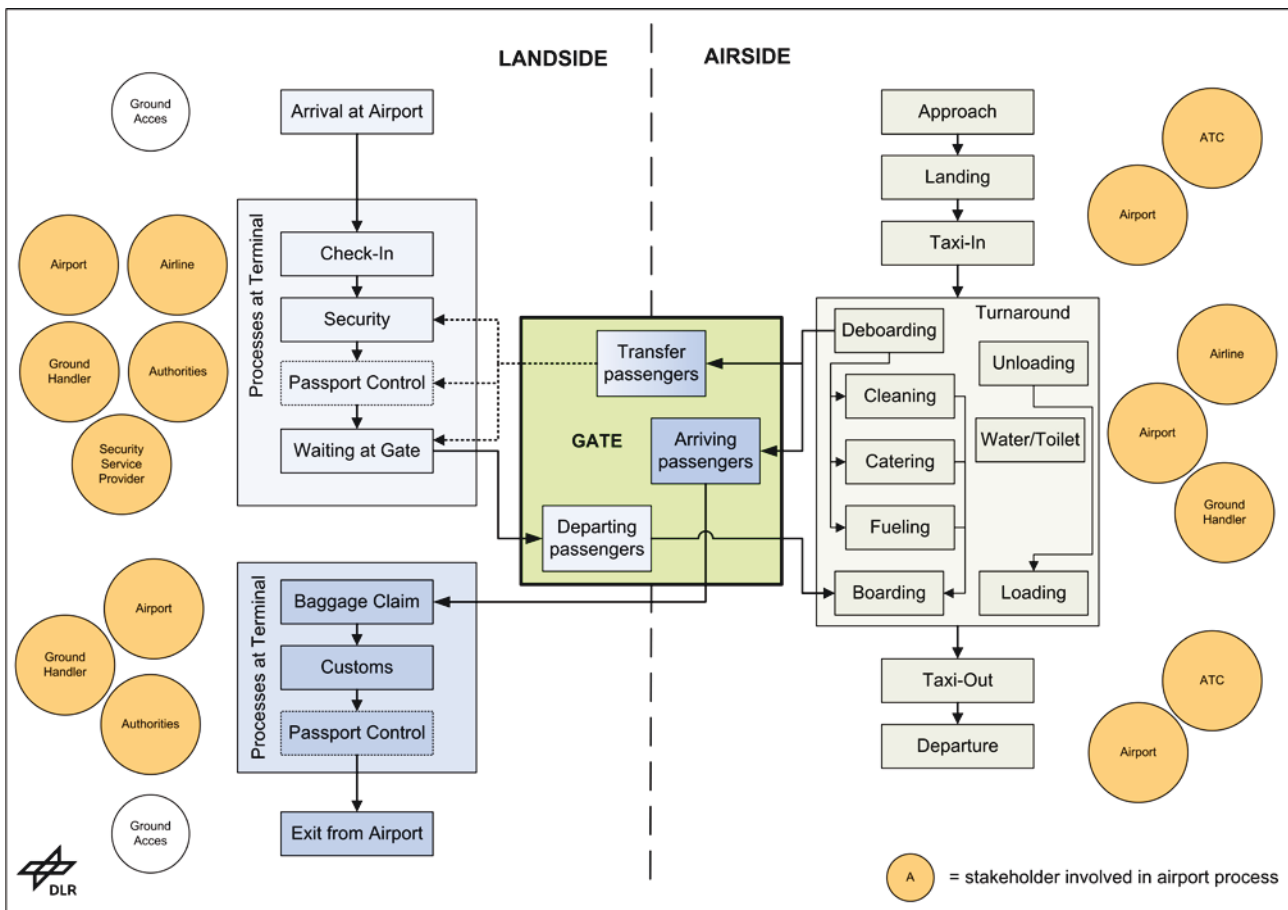


BILD 3. Beispielhafte Prozesskette für einen Flug [13]

## 2.1. A-CDM

Airport-Collaborative Decision Making, kurz A-CDM, ist ein Konzept, das von EUROCONTROL gefördert wird und dessen Fokus auf luftseitigen Operationen liegt [14]. Ein zentrales Ziel des Konzeptes ist es, ein gemeinsames Situationsbewusstsein aller beteiligten Akteure zu schaffen [15]. Die relevanten Daten werden in einer zentralen Datenbank verwaltet. Die allen Akteuren zugänglichen Informationen dienen als Grundlage für verbesserte taktische Entscheidungsprozesse bei den einzelnen Akteuren. Dadurch können die Ressourcen aller Beteiligten besser ausgenutzt und die Stabilität der komplexen Prozesse erhöht werden. Laut Erwartungen von EUROCONTROL verbessert sich durch den Einsatz von A-CDM z. B. die Pünktlichkeit von Abflügen von 50,58 % auf 65,87 %, der Anteil von verspäteten Abflügen sinkt um 4,68 % [15][16].

Am Flughafen Frankfurt konnten seit der Implementierung eines A-CDM-Systems Ende 2010 signifikante Verbesserungen gemessen werden (siehe TAB 1).

Am Flughafen München wird durch eine sukzessive Verbesserung der A-CDM Prozesse mittlerweile eine Slot-Einhaltung von 93 % erreicht [17].

Eine Erhöhung der Pünktlichkeit bietet sowohl den Passagieren als auch den Fluggesellschaften einen finanziellen Vorteil: Eine Verzögerung am Boden kostet eine Fluggesellschaft zwischen 13,00 € und 133,90 € pro Minute, abhängig von der Planungsphase und den Netzwerkeffekten. [12]

Durch die Erhöhung der Pünktlichkeit werden mehr Slots in der Praxis genutzt, wodurch die Ausnutzung der

vorhandenen Luftraumkapazitäten verbessert wird. Weiterhin verkürzen sich die durchschnittlichen Taxi-Zeiten. Dadurch kann Treibstoff eingespart werden, es entstehen finanzielle und ökologische Vorteile durch weniger Lärm- und Schadstoffemissionen [18].

A-CDM beruht auf dem Milestones Approach. Das heißt, dass für jeden Flug bestimmte Meilensteine, vom Aufgeben des Flugplans über den Start am Ursprungsort, die Landung am untersuchten Flughafen, die Abfertigung bis hin zum erneuten Start, festgelegt werden. Diese 16 Meilensteine (BILD 4) werden gemessen, so dass Verzögerungen möglichst frühzeitig erkannt werden können. Im Mittelpunkt steht dabei der Turnaround. Zentraler Meilenstein ist die Target Off-block Time (TOBT), da mit dem Off-block die Abfertigung abgeschlossen ist. Somit dient sie als Zielzeit für den Abfertigungsprozess. [18] Durch das Verschieben der TOBT wird eine bessere Nutzung der luftseitigen Ressourcen, insbesondere der Start- und Landebahnen, erreicht [13]. Zur Umsetzung eines A-CDM Konzeptes an einem Flughafen ist kein übergeordneter Leitstand, ein wesentlicher Bestandteil des TAM-Konzeptes, notwendig, da kein gemeinsamer Entscheidungsprozess der beteiligten Akteure stattfindet. Die oben aufgezeigte Verbesserung der Pünktlichkeit resultiert ausschließlich aus dem verbesserten Situationsbewusstsein durch die Nutzung der gemeinsamen Datenbank.

TAB 1. Veränderung ausgewählter KPI am Flughafen Frankfurt durch die Einführung von A-CDM [19][20]

	2010	2011
<b>Pünktlichkeit Outbound</b>	68,30 %	75,55 %
<b>Slot-Einhaltung</b>	88,56 %	90,54 %
<b>TOBT-Qualität</b>	55,91 % 9:18 min	73,88 % 4:53 min
<b>Mittleres Start-Up-Delay</b>	3,6 min	2,3 min

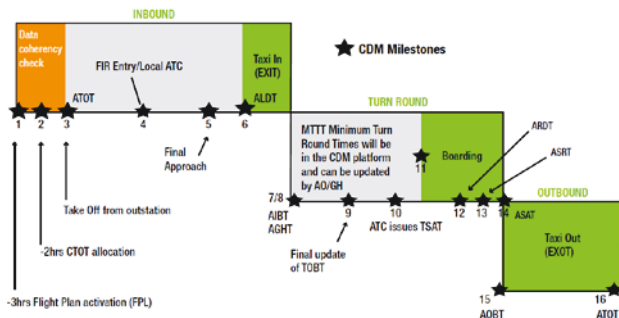


BILD 4. Milestones Approach des A-CDM [14]

Durch die Weitergabe der Daten aus der gemeinsamen Datenbank an die CFMU (Central Flow Management Unit, aktuell umbenannt in NMOC, Network Manager Operations Centre), z. B. Flight Update Message, FUM, und Departure Planning Information, DPI, entsteht ein europäisches Informationsnetzwerk. Die Verfügbarkeit von Enroute-Informationen in der gemeinsamen Datenbank verbessert die Vorhersagegenauigkeit der Meilensteine noch weiter. [13] Werden die Akteure an einem Flughafen frühzeitig darüber informiert, dass ein ankommendes Flugzeug bereits verzögert startet, so kann eine entsprechende Ressourcenanpassung schon weit im Voraus erfolgen.

Insgesamt erhöht sich somit die Vorhersagbarkeit der Ankünfte und Abflüge, wodurch Ressourcen im Vorfeld besser zugewiesen werden können. Allerdings fehlt beim A-CDM eine Betrachtung der landseitigen Prozesse und derer Einflüsse auf die Luftseite gänzlich.

A-CDM konzentriert sich auf die taktische Phase des Flugplanungsprozesses (ca. 3 Stunden vor TOBT). Damit sind Anpassungen auch nur innerhalb dieses beschränkten Zeithorizontes möglich.

## 2.2. TAM

Um eine proaktive Anpassung an vorhersagbare Ereignisse, z. B. die Wartung eines Taxiways, zu gewährleisten, ist eine Ausweitung des Betrachtungshorizontes auf die prä-taktische Phase (bis 24 Stunden vor TOBT) und strategische Phase (ab der Slot-Konferenz) notwendig [18]. Für die verschiedenen Phasen werden den Agenten, unabhängig von A-CDM bzw. TAM, aktors- und phasenspezifische Assistenzsysteme (bspw. AMAN, DMAN, A-SMGCS) zur Verfügung gestellt. Die Informationen unterscheiden sich je nach Agent, zum einen, weil nicht alle Informationen für alle Agenten relevant sind, zum anderen aber auch weil sie Betriebsgeheimnisse darstellen oder unter das Datenschutzgesetz fallen können.

Grundsätzlich können die Assistenzsysteme, die bereits in

den Operation Centers (OC) der Akteure vorhanden sind, als Grundlage für die Implementierung eines Total Airport Management (TAM) Systems genutzt werden. Durch die Integration der Informationen aus der bereits in A-CDM eingeführten gemeinsamen Datenbank, können die bestehenden Softwaremodule erweitert werden. Einzelne Parameter werden von verschiedenen Systemen erfasst. In der Datenbank wird ausschließlich der aktuellste und genaueste Wert dieser Parameter, unabhängig von der Quelle, weitergegeben. Dadurch erhöht sich die Genauigkeit der Prognosen aller Assistenzsysteme. Dieser Effekt wird weiter verstärkt, indem auf Parameter anderer Akteure zugegriffen werden kann, die bisher nicht zugänglich waren. [13]

Weiterhin ist eine Integration der landseitigen Prozesse erforderlich, um die Auswirkungen von luftseitigen Ereignissen auf die Landseite und umgekehrt ausreichend zu beachten, z. B. eine verzögerte Gepäckausgabe, verspätete Passagiere durch eine zu geringe Anzahl geöffneter Sicherheitskontrollen oder die Anbindung von Transferpassagieren. Durch die Ermittlung der Auswirkungen einzelner Entscheidungen wird den Akteuren aufgezeigt, welche Effekte ihr eigenes Handeln auf die anderen Akteure und damit schließlich auf den gesamten Flughafen und somit im Umkehrschluss auch wieder für sie selbst hat.

Auch im Frachtsegment existiert eine starke Verknüpfung zwischen Land- und Luftseite. Die luftseitigen Prozesse sind dabei ähnlich dem Passagierbereich, lediglich die Flugzeugabfertigung unterscheidet sich. Wenn Fracht auf Passagierflügen transportiert wird, entsteht allerdings eine direkte luftseitige Verbindung der beiden Prozesse bei der Flugzeugabfertigung. Weiterhin nutzen sowohl Fracht- als auch Passagierflugzeuge gleiche Ressourcen, beispielsweise Taxiways, Start-/Landebahnen, Luftraumkapazitäten oder Flugzeugabfertiger. Deshalb muss der Frachtprozess Bestandteil eines ganzheitlichen TAM-Konzeptes sein, um alle Bestandteile des Gesamtsystems einzubeziehen und dieses damit planbarer zu gestalten.

Die Integration des TAM-Konzeptes an einem Flughafen kann unterschiedlich aussehen. So ist es einerseits möglich, dass in den Leitständen der einzelnen Akteure jeweils ein Arbeitsplatz eingerichtet wird, der für die Kommunikation mit den anderen am Flughafen befindlichen Parteien verantwortlich ist. Dazu erhält er Zugriff auf die gemeinsame Datenbank. Es entstehen geringere Kosten als bei der Einrichtung eines zentralen Leitstandes, allerdings erfolgt die Kommunikation der Agenten über Telefon, Internet o. ä. und ist damit zeitlich verzögert.

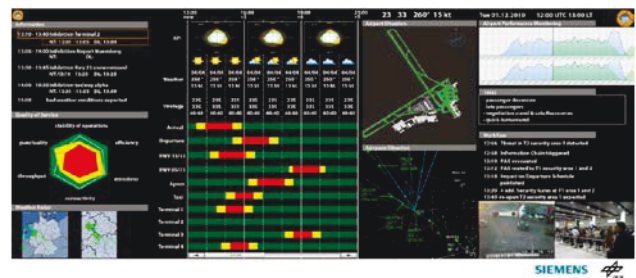


BILD 5. Beispiel für die Darstellung auf einer APOC Power Wall [13]



Eine tiefere Integration des Konzeptes findet sich in einem Airport Operation Center (APOC) wieder. Es beschreibt einen physischen Raum, in dem sich jeweils ein Agent der einzelnen Akteure befindet. Jeder Agent hält Rücksprache mit dem entsprechenden Akteur zu anstehenden Entscheidungen und sollte möglichst auch über eine eigene Entscheidungsbefugnis verfügen. Dabei werden nur diejenigen Akteure in eine Entscheidungsfindung einbezogen, die unmittelbar von der zu treffenden Entscheidung beeinflusst werden.

Wichtige Informationen werden im APOC auf der Power Wall angezeigt (siehe BILD 5). Die Power Wall ist eine Leinwand, die alle Agenten einsehen können. Die Informationen werden je nach zu fällender Entscheidung angepasst. Angezeigt werden z. B. aktuelle Werte der Key Performance Indicators (KPIs), anstehende Entscheidungen, Radarinformationen, Wetter oder Gateauslastung. [13]

Durch eine gemeinsame Diskussion anhand der allen Agenten zugänglichen und auf der Power Wall dargestellten Informationen, wird eine gemeinsame Lösungsfindung erzielt. Die Kommunikation der Agenten erfolgt direkt im Raum, somit fließen in den Prozess auch wichtige soziale Komponenten, wie z. B. die Körpersprache, mit ein. Eine Herausforderung dabei besteht darin, dass jeder Agent, in Absprache mit seinem OC, eigene Handlungsoptionen in den Gesamtkontext einordnen und Auswirkungen auf sich selbst, auf andere Akteure und auf das Gesamtsystem möglichst früh implizieren muss.

Bei der Einrichtung des Raumes entstehen zwar höhere Investitionskosten als bei einer dezentralen Lösung, allerdings findet eine direkte Kommunikation zwischen den Agenten statt. Diskussionen, die zu einer Entscheidung führen, können offen innerhalb des APOC geführt werden. Erste Forschungsergebnisse lassen erwarten, dass durch die direkte Kommunikation im APOC eine Entscheidung schneller herbeigeführt wird als bei einer dezentralen Lösung [13].

Aktuell existieren i. d. R. lediglich zentrale Leitstände für besondere Situationen, wie z. B. Schneefall (SRCC Köln Bonn Airport, Snow Removal Control Center). Nur einzelne Flughäfen besitzen einen Leitstand, der die Luft- und Landseite im operativen Betrieb vereint (z. B. Flughafen Frankfurt am Main).

Eine Integration von Frachtprozessen in einen übergeordneten Leitstand ist bisher noch nicht erfolgt. Diese Integration kann als ein wesentlicher Bestandteil eines Total Airport Management Systems, insbesondere aufgrund der bereits genannten Beförderung von Waren als Bellyload auf Passagierflügen, angesehen werden. Ein Ziel dieser Arbeit ist es daher, zu überprüfen, ob eine Integration von Fracht in ein TAM-Konzept Vorteile für die Stabilität des Frachtprozesses bietet. Durch eine Verbesserung der Vorhersagbarkeit und Stabilität dieses Prozesses ergeben sich resultierend aus der bereits erläuterten Verknüpfung zwischen dem Fracht- und Passagiersegment gleichzeitig Vorteile für die betroffenen Passagierflüge und damit das Gesamtsystem.

Ein wesentlicher Erfolgsfaktor besteht darin, dass alle beteiligten Akteure aktiv am gemeinsamen Entscheidungsfindungsprozess partizipieren. Daher muss ein Bewertungssystem für das Verhalten einzelner Akteure vor dem Hintergrund dieser gemeinsamen Entscheidungsfindung erarbeitet werden. Erste operationelle

Konzepte für ein Total Airport Management System wurden in [13][21] und [22] veröffentlicht. Zurzeit werden in den DLR-internen Projekten „P-AIR-FORM“ und „OPTIMODE“ weiterführende Kooperationskonzepte entwickelt und getestet.

Eine Herausforderung im Passagierbereich besteht in der Erfassung der Passagiere. Es ist aktuell kaum möglich, zu jedem Zeitpunkt zu wissen, wo sich die Passagiere eines speziellen Fluges im Terminal befinden. Häufig wird die Position anhand von statistischen Durchlaufzeiten und Erfahrungen geschätzt.

Luftfracht wird im Gegensatz dazu während des gesamten Abfertigungsprozesses im Frachtterminal verfolgt. Dadurch kann hier technisch einfach auf den Standort und Abfertigungsstatus einer Sendung zugegriffen und die entsprechenden Informationen dem APOC zur Verfügung gestellt werden. Dies bietet dem Frachtsektor Vorteile in der Prozesssteuerung gegenüber dem Passagierprozess.

Aufgrund der sich stark unterscheidenden Einflussfaktoren zwischen Luftfracht und der Passagierluftfahrt, ist eine gegenseitige Information über Störungen im Betriebsfluss erforderlich, um die operationelle Effizienz, Vorhersagbarkeit und Pünktlichkeit des ATM-Netzwerkes und der Prozesse aller beteiligten Stakeholder am Flughafen zu verbessern [14]. Damit birgt die Integration von Fracht in ein TAM-System das Potential zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit eines Flughafens und zur Erhöhung der tatsächlich genutzten Kapazität des europäischen Luftraumes. So wird ein grundlegender Beitrag zur Erhöhung der Kapazität des europäischen Luftraumes geleistet, wie sie in der „Strategic Research & Innovation Agenda“ (SRIA) des Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe (ACARE) [23] gefordert wird.

Der Meilensteinansatz aus dem A-CDM Konzept bleibt in TAM erhalten, wird aber auf die prä-taktische Phase erweitert.

Um Möglichkeiten zur Integration von Fracht in einen übergeordneten Leitstand innerhalb eines TAM-Konzeptes zu evaluieren, wird nachfolgend zunächst eine Analyse des Frachtprozesses und der darin bestehenden Verantwortlichkeiten durchgeführt. Anschließend werden Szenarien zur Integration in ein APOC vorgestellt.

### 3. ANALYSE DES LUFTFRACHTPROZESSES

#### 3.1. Herausforderungen bei der Frachtabfertigung

Um die Wettbewerbsfähigkeit der Luftfracht zu erhalten, ist es erforderlich, dass der Luftfrachtprozess möglichst effizient und damit schnell und kostengünstig abläuft. Dem gegenüber stehen einige Herausforderungen, die die Qualität des Prozesses negativ beeinflussen können.

Das Luftfrachtterminal ist ein Flaschenhals beim Transport von Luftfracht. Hier wird die landseitig angelieferte Fracht bearbeitet, ggf. Sicherheitskontrollen unterzogen und dadurch auf den Transport in einem Flugzeug vorbereitet.

Die wachsende Menge an Luftfracht stellt für die begrenzten Kapazitäten von bereits heute hochbelasteten

Luftfrachtterminals eine zunehmende Herausforderung dar. An verschiedenen Stellen entstehen Kapazitätsengpässe. Eine koordinierte Kommunikation der einzelnen Akteure untereinander erfolgt in der Regel nicht.

Das Verbundprojekt IACH, Integrated Air Cargo Hub [24], untersucht Verbesserungspotentiale durch eine unternehmensübergreifende Optimierung der Prozesse der Luftfrachtanfertigung am Flughafen Frankfurt am Main. Bei der Prozessanalyse wurden sowohl land- als auch luftseitige Herausforderungen im und Anforderungen an den Luftfrachtprozess identifiziert.

Als wesentliche landseitige Anforderungen wurden eine übergeordnete Verkehrskontrolle sowie eine Zulaufsteuerung zu den Terminals gefordert. Weiterhin macht die Studie den Bedarf nach einer Koordinierung der Umfuhr-LKW zwischen den Frachtanfertigern und Speditionen deutlich.

Luftseitig werden durch IACH vor allem gemeinsame Puffer- und Bereitstellflächen für die Frachtanfertiger als wichtige Anforderung zur Prozessoptimierung genannt. [24]

Durch die Befragung eines Spediteurs, der am Flughafen Frankfurt tätig ist, wurden weitere Anforderungen und Herausforderungen aufgezeigt [25]: Zusätzlich zu den in IACH identifizierten Punkten werden insbesondere Transparenz und eine verstärkte Kommunikation zwischen den beteiligten Akteuren gefordert. Weiterhin ist der Wunsch nach Erfassung und Veröffentlichung von Key Performance Indicators sowie der Einführung eines Bewertungssystems vorhanden [25].

Besonders die Forderungen nach Transparenz, einer verstärkten Kommunikation sowie nach einem Bewertungssystem und einer Messung der KPI decken sich stark mit Ansätzen des Total Airport Managements. Es zeigt sich, dass die damit verbundenen Optimierungspotentiale in den infrastrukturell beschränkten Frachtterminals genutzt werden können, um bereits vorhandenen Kapazitätsengpässen entgegenzuwirken [25].

### 3.2. RACI-Analyse

Eine RACI-Analyse untersucht die Verantwortlichkeiten verschiedener funktionaler Rollen innerhalb eines Prozesses. Sie wird häufig im Projektmanagement verwendet, stellt aber gleichzeitig eine Möglichkeit zur Prozessanalyse dar. Durch die Erstellung einer RACI-Matrix bietet sich die Möglichkeit zur Ermittlung doppelter Zuständigkeiten bzw. überflüssiger Prozessschritte.

Das Akronym RACI setzt sich aus den Anfangsbuchstaben der Begriffe Responsible (verantwortlich für die Durchführung der Aufgabe), Accountable (trägt die Verantwortung für die Aufgabe, rechenschaftspflichtig, nur einmal pro Aufgabe vergeben), Consulted (wirkt beratend bevor Handlungen ausgeführt werden) und Informed (wird über Fortschritt der Aufgabe bzw. lediglich über den Abschluss der Aufgabe informiert) zusammen.

Zur Aufstellung der RACI-Matrix werden zunächst die verschiedenen Rollen definiert bzw. identifiziert (Spalten der Matrix). Danach werden die einzelnen Prozessschritte aufgetragen (Zeilen der Matrix). Abschließend erfolgt eine Zuordnung der vier Rollen zu den Schritten. Rollen können mehrfach vergeben werden (außer Accountable), einzelne Akteure können gleichzeitig mehrere Rollen einnehmen.

Die durchgeführte RACI-Analyse ergibt, dass innerhalb des Luftfrachtprozesses häufig unklare bzw. doppelte Verantwortlichkeiten bestehen. Durch eine eindeutige Zuordnung dieser Verantwortlichkeiten ist eine Verbesserung der Effizienz des Prozesses zu erwarten. Weiterhin gibt es Hinweise darauf, dass Systemverbesserungen durch eine gezieltere Weitergabe von Informationen erreichbar sind, indem nachgelagerte Akteure proaktive Anpassungen auf Störungen im Prozess vornehmen.

Der Luftfrachtprozess kann in einen Material-, Dokumenten- (air waybill, AWB) und Informationsfluss aufgeteilt werden. Besonders der Informationsfluss spielt eine wichtige Rolle bei der Qualität des Abfertigungsprozesses. Ein vorausseilender Informationsfluss wirkt sich positiv auf die Dauer der Abfertigung aus, da nachfolgende Akteure bereits im Vorfeld über den Sendungsstatus informiert sind und somit frühzeitig Ressourcen zuweisen können. Bei einem nachteiligen Informationsfluss entstehen entweder Verzögerungen, da die beteiligten Akteure keine vorbereitenden Maßnahmen treffen können, oder es müssen Puffer vorgehalten werden. In der Praxis findet häufig ein paralleler Informationsfluss statt, da die Unterlagen die Fracht physisch begleiten. Allerdings kann durch die Verwendung einer digitalen Dokumentation (eAWB) ein vorausseilender Fluss erreicht werden.

Um den gesamten Prozess zu optimieren ist es nicht erforderlich, dass jedem Akteur jederzeit alle Informationen zur Verfügung stehen. Durch den so entstehenden Überfluss an Informationen besteht die Gefahr, dass die relevanten Daten übersehen und nicht beachtet werden. Somit ist vielmehr zu ermitteln, welcher Akteur wann welche Informationen benötigt, um einen möglichst reibungslosen Ablauf des Frachtprozesses zu gewährleisten.

Beim Materialfluss entstehen Verzögerungen in erster Linie durch Kapazitäts- und Ressourcenengpässe bei der Frachtanfertigung im Terminal und auf dem Vorfeld. Wie bereits erwähnt, kann drohenden Engpässen proaktiv entgegengewirkt werden, wenn diese durch einen vorausseilenden Informationsfluss bereits im Vorfeld erkennbar sind.

Aktuell gibt es nur wenig bis keine und in erster Linie unkoordinierte Kommunikation zwischen den einzelnen am Luftfrachtprozess beteiligten Akteuren. Somit werden unvorhergesehene Probleme, z. B. ein verspäteter LKW oder fehlender Lagerplatz, nicht zeitnah kommuniziert und Probleme treten für nachgelagerte Akteure überraschend auf. Im Sinne eines CDM und den erwarteten Vorteilen dieser gemeinsamen Entscheidungsfindung ist daher ein zielgerichteter Informationsfluss erforderlich.

### 3.3. Szenarien

Auf Grundlage der in der RACI-Analyse identifizierten unklaren bzw. doppelten Verantwortlichkeiten wurden neben dem Ist-Zustand als Referenzszenario zwei beispielhafte Szenarien entwickelt, um den Luftfrachtprozess zu vereinfachen.

#### 3.3.1. Szenario 1: Status quo

Szenario 1 stellt das Basisszenario bzw. den Status quo dar. Es ist geprägt durch die Involvierung zahlreicher

Akteure. Die Verantwortlichkeit wird dabei von einem zum nächsten Akteur weitergegeben. Es ist zu erwarten, dass bei dieser Übergabe zeitliche Verluste entstehen. Ein Akteur weiß nicht immer, wie der Abfertigungsstatus einer Sendung beim vorgelagerten Akteur ist (paralleler bzw. nacheilender Informationsfluss). Daher wird er auch nicht direkt über Verzögerungen etc. informiert. Es entstehen weitere Verzögerungen oder es müssen zusätzliche Puffer vorgehalten werden.

### 3.3.2. Szenario 2: Integration – Airline

Ein Ansatz zur Vermeidung der Probleme des Referenzszenarios ist die Integration der Abfertigungsprozesse bei einem Akteur bzw. die Verringerung der Anzahl unterschiedlicher Akteure auf ein Minimum. Szenario 2 entspricht der aktuellen Praxis bei Integratoren, bei Expressfrachtunternehmen. Deren Ansatz wird an dieser Stelle auf reguläre Fracht erweitert.

Durch die Verringerung der Anzahl an Akteuren werden zeitliche Verluste bei der Übergabe vermieden. Innerhalb eines einzelnen Unternehmens ist ein zügiger Informationsfluss mit relativ geringem technischem bzw. organisatorischem Aufwand realisierbar. Dadurch werden Informationen über Probleme und Verzögerungen etc. zeitnah an nachgelagerte Prozessstellen weitergegeben. Diese können entsprechend schnell reagieren. Puffer müssen im Vergleich zu Szenario 1 in geringerem Maße vorgehalten werden.

Szenario 2 legt eine Integration aller Abfertigungsprozesse bei der Airline zugrunde. Dies kann entweder eine klassische Frachtlairline oder ein Integrator sein. Die Airline übernimmt die von LKW angelieferte Fracht landseitig am Terminal und ist anschließend für die gesamte Abfertigung verantwortlich. Da die Airline auch den Flug durchführt, ist kein weiterer Akteur beteiligt. Es entsteht lediglich eine Verzögerung beim Entladen der Sendungen, da die Airline nicht weiß, wann ein LKW das Frachtterminal erreicht.

### 3.3.3. Szenario 3: Integration – Airport

Szenario 3 ähnelt Szenario 2. Allerdings ist der Flughafen für den Abfertigungsprozess verantwortlich. Damit übernimmt er, analog zu Szenario 2, die Fracht landseitig am Frachtterminal und führt anschließend die Abfertigung durch. Danach wird die Fracht an eine Airline übergeben. Sie ist somit der einzige Akteur, der von eventuellen Störungen im Frachtprozess betroffen ist und informiert werden muss. Ein Beispiel für Szenario 3 ist das Frachtterminal am Flughafen Köln/Bonn.

Bei der Veränderung der Verantwortlichkeiten ist zu beachten, dass ein Akzeptanzproblem auftreten kann, wenn einzelne Akteure Kompetenzen und Befugnisse abgeben müssen. Die Umsetzbarkeit und Einordnung der Szenarien wird in [25] ausführlich betrachtet.

Zu einer ersten Untersuchung der Auswirkungen der erarbeiteten Szenarien auf die Leistungsfähigkeit des Luftfrachtprozesses wird nachfolgend eine Simulation entwickelt. Anschließend werden Unterschiede ausgewählter Kennzahlen innerhalb des Luftfrachtprozesses zwischen den Szenarien mithilfe der Simulation verglichen.

## 4. SIMULATION

Die grundlegende Prämisse der Simulation ist, dass bei der Änderung der Verantwortlichkeiten zwischen zwei Prozessschritten Zeitverluste durch fehlende Informationen entstehen können. Mithilfe der Simulation wird primär diese Ursache-Wirkungs-Kette innerhalb des Luftfrachtprozesses betrachtet. Ziel der Simulation ist eine Untersuchung der Auswirkungen der Variation der Verantwortlichkeiten (in den einzelnen Szenarien) auf den Gesamtprozess. Dabei beschränkt sich die Simulation auf den Flughafenbereich von der Anlieferung bis zum Beladen des Flugzeuges.

### 4.1. Simulationsmodell

Da in erster Linie die Verzögerungen bei der Übergabe zwischen zwei aufeinanderfolgenden Akteuren untersucht werden sollen, wurde ein generisches Frachtterminal gewählt, um lokale Besonderheiten spezifischer Terminals auszuschließen. Das generische Modell lässt sich leicht auf reale Frachtterminals übertragen, indem die Parameter dem jeweiligen Terminal angepasst werden.

Das Verhalten des Luftfrachtprozesses wird durch Zustandsänderungen an verschiedenen Prozessstellen abgebildet. Diese stellen innerhalb der Simulation z. B. Lagerstände dar und zeigen damit, wie viele Ressourcen zu unterschiedlichen Zeitpunkten (der Untersuchungszeitraum beträgt 24 Stunden) gebunden sind.

Es wurde ein makroskopisches Modell erstellt, das auf dem System Dynamics-Ansatz (SD) basiert. System Dynamics ist insbesondere geeignet, um Verhaltensmuster komplexer Systeme oder derer Subsysteme in Abhängigkeit der Zeit aufzuzeigen. Es kann analysiert werden, welchen Einfluss die Struktur eines Systems auf dessen Verhalten hat. Somit wird als Ergebnis einer Simulationsstudie mit SD nicht nur identifiziert was passiert, sondern auch warum. Ziel ist es nicht einzelne Teile des Systems zu untersuchen, sondern die Interaktion zwischen ihnen im gesamten System. [26]

Mithilfe einer makroskopischen Simulation können beispielsweise Warenflüsse, im vorliegenden Fall Fracht-sendungen, und deren zeitvariantes Verhalten beschrieben werden. Insbesondere für kleinere Sendungen, die auf Laufbändern abgefertigt werden, trifft dieses Bild sehr gut zu. Ein makroskopisches Modell bietet sich zur Simulation eines generischen Frachtterminals an, denn insbesondere für mikroskopische Modelle gilt: *„Je detaillierter das Modell sein soll, desto höher sind die Anforderungen an die Eingabeparameter.“* [27]

Die Inputdaten, die im Simulationsmodell des generischen Frachtterminals genutzt werden, wurden aus unterschiedlichen Quellen gewonnen. Einerseits geschah dies durch Expertenbefragungen und Beobachtungen, beispielsweise am FedEx-Hub in Köln, andererseits wurden Prozesszeiten realer Terminals auf das vorliegende Problem übertragen [28].

Durch eine Variation der Verzögerung bei der Übergabe der Fracht zwischen zwei aufeinanderfolgenden Akteuren werden die einzelnen Szenarien abgebildet.

Beispielhaft ist die modellierte Verzögerung beim Röntgen in BILD 6 dargestellt. Ein Quadrat stellt ein Niveau bzw. einen Lagerstand dar, im vorliegenden Fall die lose angelieferte Fracht, die durch Röntgen „sicher“ gemacht werden muss. Eine Raute ist eine Konstante. In BILD 6

sind dies die Durchflussrate eines Scanners und die Verzögerungszeit bis zum vollständigen Starten und Hochfahren eines Detektionsgerätes. Kreise stehen für Hilfsvariablen und repräsentieren algebraische Berechnungen. Sie werden genutzt, um Informationen zu modellieren, im Beispiel die Verzögerung der Information über wartende Sendungen während des Simulationslaufes und die Anzahl geöffneter Scanner. Eine Hilfsvariable, die direkt mit einem Fluss verbunden ist („Abholung XRay“) steuert den Zu- bzw. Abfluss in ein/ aus einem Niveau. In BILD 6 fließen Sendungen in das Level „Fracht lose Terminal“. Mit der in „Verzögerungszeit XRay“ angegebenen Verzögerung werden nach vorher festgelegten Regeln bei bestimmten Schwellenwerten nacheinander die Scanner gestartet („XRay geöffnet“). Mit der scannerspezifischen „Durchflussrate XRay“ wird somit die „Abholung XRay“ und dadurch der Abfluss aus dem Lager der losen Fracht ermittelt. Durch eine ähnliche Vorgehensweise können so nach und nach alle Prozessstellen modelliert werden.

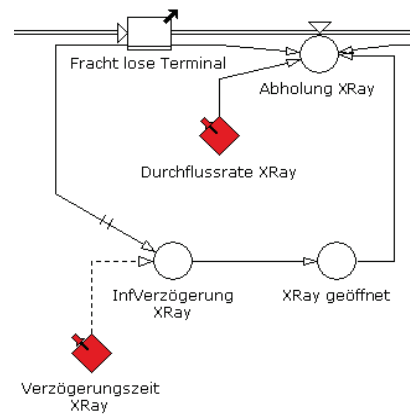


BILD 6. Modellierung einer Verzögerung in System Dynamics

Da für die Anlieferung von Sendungen keine Realdaten vorlagen, wurde diese durch eine Zufallsverteilung modelliert (BILD 7). Dazu wurde eine Anlieferungsrate, die Anzahl der Sendungen auf einem LKW, durch eine Normalverteilung um einen Mittelwert abgebildet. Gleiches gilt für die Verteilung der Ankunft der LKW („Ankunftszeit“). Daraus resultierend wird für jeden Zeitschritt berechnet, wie viele Sendungen in wie vielen LKW auf die Entladung warten. Ebenso wurde die Abholung der Unit Load Devices (ULD) durch Flugzeuge mittels einer Zufallsverteilung modelliert. Durch die Verwendung realer Anlieferungsdaten und eines vorgegebenen Flugplanes können beide Prozessstellen an ein vorhandenes Terminal angepasst werden.

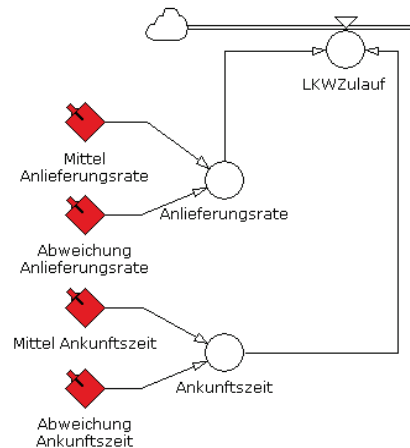


BILD 7. Modellierung der Anlieferung in System Dynamics

## 4.2. Simulationsergebnisse

Zum Vergleich der Szenarien wurden u. a. die über einen Tag gemittelten Lagerstände an wichtigen Prozessstellen verglichen. Dazu wurde zunächst der Inputparameter, die Anlieferung von Sendungen am Terminal durch LKW, normiert. Die so ermittelten Kenngrößen repräsentieren die Ausnutzung einer Ressource im Untersuchungszeitraum. Die Normierung ist notwendig, da durch die Modellierung der Anlieferung als Zufallsverteilung geringfügige Abweichungen zwischen einzelnen Simulationsläufen entstehen ( $\pm 2\%$ ). Die prozentuale Abweichung der Kenngrößen an den untersuchten Stellen ist in BILD 8 dargestellt. Je kleiner die Kenngröße ausfällt, desto geringer ist der Lagerstand und damit auch der Ressourcenbedarf an der jeweiligen Prozessstelle.

Es ist zu sehen, dass aufgrund geringerer Verzögerungen bei der Übergabe zwischen zwei Akteuren signifikante Einsparungen erzielt werden können. Diese werden bedingt durch ein verzögerungsfreies Röntgen (-34 % in Szenario 2 und -35 % in Szenario 3). Beim Lagerstand der Sendungen nach dem Röntgen ist nur eine geringe Reduktion zu erkennen. Dies liegt daran, dass keine Variation bei der auf das Röntgen folgenden Zollkontrolle erfolgt ist. Diese Entscheidung basiert auf der Annahme, dass die Zollkontrolle bei Exportsendungen keinen wesentlichen Einfluss ausübt (im Gegensatz zu Importsendungen).

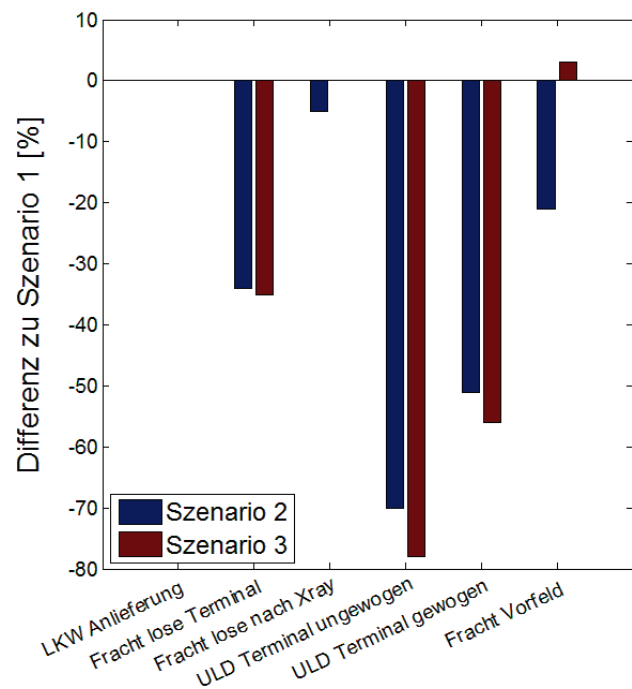


BILD 8. Vergleich der Szenarien, normierte Kenngröße



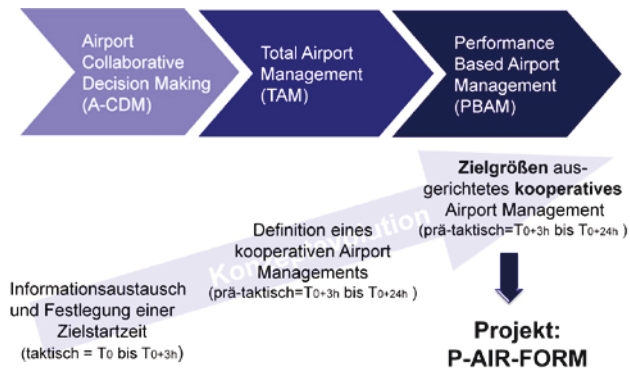


BILD 9. Entwicklungsschritte zum PBAM [29]

Die in ULD oder auf Paletten konsolidierten Sendungen müssen anschließend gewogen werden. Auch hier kann durch eine schnellere Informationsweitergabe eine deutliche Reduktion der Lagerstände erkannt werden (-70 % bzw. -78 %). Gleiches gilt für den Transport der gewogenen ULD/ Paletten auf das Vorfeld (-51 % und -56 % im generischen Terminal).

Im letzten untersuchten Schritt werden die auf dem Vorfeld gelagerten ULD in ein Flugzeug verladen. Durch eine bessere Information des Flugzeugabfertigers wird eine Reduktion der auf dem Vorfeld wartenden ULD um -21 % in Szenario 2 erreicht. Dabei ist in Szenario 2 der Flugzeugabfertiger die Airline selbst. Waren bisher Szenario 2 und 3 identisch, so existiert in Szenario 3 an dieser Stelle ein Wechsel der Verantwortlichkeit vom Flughafenbetreiber zur Airline. Es ist zu erkennen, dass die vorher erzielten Vorteile durch diese Übergabe verloren gehen, da die Anzahl der ULD auf dem Vorfeld etwa denen aus Szenario 1 entspricht (+3 %).

Es zeigt sich, dass durch einen besseren (vorausseilen- den) Informationsfluss Lagerstände reduziert und damit Lagerflächen und Ressourcen eingespart bzw. für eine Kapazitätserhöhung genutzt werden können. Außerdem sinkt die Prozesszeit für einzelne Sendungen, wenn sie nicht in Warteschlangen vor kritischen Prozessstellen warten müssen. Durch Verzögerungen an einzelnen Prozessstellen (Übergabe vom Flughafenbetreiber zur Airline in Szenario 3) gehen die vorher erzielten Einsparungen ab der Übergabestelle wieder verloren.

## 5. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Es konnte gezeigt werden, dass die Integration von Fracht in ein Total Airport Management System Potential für eine signifikant verbesserte Ausnutzung vorhandener Ressourcen an Flughäfen birgt. Damit lassen sich die Wettbewerbsvorteile von Luftfracht gegenüber anderen Verkehrsträgern erhalten. TAM ermöglicht einen schnelleren und besser prognostizierbaren Abfertigungsprozess, wodurch Ressourcen eingespart und Kosten gesenkt werden können.

Eine wesentliche Herausforderung bei der Umsetzung eines übergeordneten (zentralen oder dezentralen) Flughafenleitstandes liegt darin, die betroffenen Akteure von den Vorteilen einer aktiven Partizipation zu überzeugen. Eine Möglichkeit dazu besteht darin, die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse und Simulationsergebnisse zu nutzen, um die Vorteile des TAM-Konzeptes qualitativ aufzuzeigen.

Die Ergebnisse und insbesondere auch das Simulationsmodell können gleichzeitig leicht auf andere Aspekte des Flughafenbetriebs, z. B. die Gepäckabfertigung, übertragen werden.

Die Verknüpfung zu einer land- und luftseitigen Passagier- und Gepäcksimulation ist erstrebenswert, da mehr als die Hälfte der in Deutschland abgefertigten Luftfracht als Bellyload auf Passagierflügen transportiert wird [30]. Somit kann ein ganzheitliches Modell der Prozesse an einem Flughafen, oder sogar einem Netzwerk von Flughäfen, erarbeitet werden.

In den weiterführenden DLR-Projekten „OPTIMODE“ und „P-AIR-FORM“ werden zurzeit die Zusammenarbeit der Akteure im Kontext einer gemeinsamen Entscheidungsfindung sowie die internen Entscheidungsprozesse der Akteure untersucht. Gleichzeitig erfolgt eine Weiterentwicklung des TAM-Konzeptes zu einem „Performance Based Airport Management“ (PBAM, BILD 9). Eines der Ziele besteht darin, nachzuweisen, dass die Steuerung eines Flughafens in Hinblick auf die Optimierung einzelner KPI durch PBAM möglich ist. Außerdem wird das Kooperationskonzept innerhalb von PBAM vertiefend untersucht. Insgesamt wird eine Verbesserung der KPI durch die Einführung von PBAM gegenüber dem konventionellen Flughafenbetrieb erwartet.

## QUELLEN

- [1] Giemulla, Elmar M.; Rothe, Bastian, R. (Hrsg.) (2011): Handbuch Luftsicherheit. 1. Auflage. Universitätsverlag der TU Berlin: Berlin.
- [2] Bundeszentrale für politische Bildung (2010): Zahlen und Fakten: Globalisierung. CD-ROM: Bonn.
- [3] Statistisches Bundesamt (2013): Wirtschaft und Statistik. April 2013: Wiesbaden.
- [4] Airbus S.A.S. (2012): Navigating the Future. Global Market Forecast 2012 – 2031.
- [5] Boeing Commercial Airplanes (2013): Current Market Outlook 2013-2032. Randy Tinseth. Vice President, Marketing, June 2013: Seattle, WA.
- [6] Boeing Commercial Airplanes (2013): Long-Term Market. Air Cargo Market. [http://www.boeing.com/boeing/commercial/cmo/air\\_cargo\\_market.page?](http://www.boeing.com/boeing/commercial/cmo/air_cargo_market.page?), Abgerufen am 12. Juni 2013.
- [7] Airbus S.A.S. (2012): Navigation the Future. Global Market Forecast 2012 – 2031. Presented by: John Leahy, COO. Customers.
- [8] Ashford, Norman; Stanton, H. P. Martin; Moore, Clifton A. (1997): Airport Operations. Second Edition. McGraw-Hill: Boston, MA u. a.
- [9] Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (2012): [http://www.bdl.aero/media/filer\\_public/2011/12/16/bdl-statement\\_zur\\_wirtschaftlichen\\_bedeutung\\_von\\_wettbewerbsfähigen\\_betriebszeiten\\_und\\_nachtflügen.pdf](http://www.bdl.aero/media/filer_public/2011/12/16/bdl-statement_zur_wirtschaftlichen_bedeutung_von_wettbewerbsfähigen_betriebszeiten_und_nachtflügen.pdf); Abgerufen am 01. August 2012.
- [10] Initiative – Die Fracht braucht die Nacht (2012): Fragen und Antworten. <http://www.die-fracht-braucht-die-nacht.de/deutsch/initiative/fragen-und-antworten/fragen-und-antworten.html>, Abgerufen am 01. August 2012.
- [11] Verordnung (EWG) Nr. 95/93 des Rates vom 18. Januar 1993 (Abl. EU Nr. L 014 S. 0001 – 0006), Artikel 8.

- [12] EUROCONTROL (2011): Standard Inputs for EUROCONTROL Cost Benefit Analyses. Edition Number: 5.0. Edition Date: December 2011: Brüssel. geworden.html, 29.07.2011, Abgerufen am 24.04.2012.
- [13] TAMS Partners (2011): TAMS Operational Concept Document. TAMS OCD. Version 1-0-0.
- [14] EUROCONTROL (2012): The Manual. Airport CDM Implementation: Brüssel.
- [15] EUROCONTROL (2003): Airport CDM Applications Guide: Brüssel.
- [16] FAA/FFP1 (2000): An Operational Assessment of Collaborative Decision Making in Air Traffic Management: "Measuring User Impacts through Performance Metrics". Final Report. February 2000. Document Control Number: R90145-05.
- [17] DFS Deutsche Flugsicherung GmbH (2011): Airport CDM München. Resultate 2011. Version 1.0: Langen.
- [18] Dijoud, Delphine et al. (2011): Human Decision Making at Airports. Technical Project Report. April 2011. Aerospace Business Integration Course 2011. European Consortium for Advanced Training in Aerospace (ECATA). ISAE Toulouse – ILR-TU München. Multinational Team Project. MTP 3.
- [19] Fraport (2011): 3. Airport CDM@FRA Forum. Airport CDM@FRA. Erwartungen und Ergebnisse. 05. Oktober 2011: Frankfurt.
- [20] Fraport (2011): 3. Airport CDM@FRA Forum. Airport CDM@FRA. Erfahrungen der Betriebsbereiche. 05. Oktober 2011: Frankfurt.
- [21] DLR Institut für Flugführung (2011): FAMOUS – Operationelles Konzept. DLR-IB Nummer 112-2009/04: Braunschweig.
- [22] DLR; EEC (2006): TOTAL AIRPORT MANAGEMENT (Operational Concept & Logical Architecture). Version 1.0: Paris/Braunschweig.
- [23] ACARE (2012): Strategic Research & Innovation Agenda. Executive Summary. September 2012.
- [24] Integrated Air Cargo Hub (IACH) (2011): Ziele, Stand und Ausblick, Aircargo Club Deutschland. 13.09.2011: Frankfurt/Main.
- [25] Wenzel, Steffen (2012): Entwicklung und Erprobung eines Konzeptes zur Integration von Fracht in ein Total Airport Management System. Masterarbeit. Technische Universität Berlin. Fakultät Verkehrs- und Maschinensysteme. Institut für Luft- und Raumfahrt. Fachgebiet Flugführung und Luftverkehr. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. Institut für Flughafenwesen und Luftverkehr: Berlin/Braunschweig.
- [26] Powersim Software AS (2003): Powersim Studio 2003. User's Guide: Bergen.
- [27] Mühlhausen, Thorsten (1999): Ein Beitrag zur makroskopischen Simulation von Passagierströmen zwischen kooperierenden Flughäfen unter Nutzung des SYSTEM DYNAMICS Zuganges nach Forrester. Dissertation. Technische Universität Dresden. Fakultät Verkehrswissenschaften „Friedrich List“: Dresden.
- [28] Morrell, Peter S. (2011): Moving Boxes by Air. The Economics of International Air Cargo. Ashgate: Farnham.
- [29] Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (2013): Institut für Flugführung, Yves Günther: Braunschweig.
- [30] Lutz, Martin (2011): "Seit der Paketbombe ist nichts besser geworden". WELT ONLINE, <http://www.welt.de/politik/deutschland/article13513360/Seit-der-Paketbombe-ist-nichts-besser->